

105292 62

D2 R.W.

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

(11) Publication number:

(11) Numéro de publication:

1 051 531

Internationale Anmeldung veröffentlicht durch die  
Weltorganisation für geistiges Eigentum unter der Nummer:

**WO 99/39018** (art.158 des EPÜ).

International application published by the World  
Intellectual Property Organisation under number:

**WO 99/39018** (art.158 of the EPC).

Demande internationale publiée par l'Organisation  
Mondiale de la Propriété sous le numéro:

**WO 99/39018** (art.158 de la CBE).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**PCT**ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>C22C 38/12, 38/00</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/39018</b>
		(43) Date de publication internationale: 5 août 1999 (05.08.99)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00089	(81) Etats désignés: BR, CZ, JP, KR, MX, PL, RO, SI, TR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Date de dépôt international: 19 janvier 1999 (19.01.99)	
(30) Données relatives à la priorité: 98/00860 28 janvier 1998 (28.01.98) FR	Publiée Avec rapport de recherche internationale.
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): AS-COMETAL [FR/FR]; Immeuble "La Pacific", La Défense 7, 11/13, cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).	
(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BELLUS, Jacques [FR/FR]; 18, rue des Cygnes, F-30900 Nîmes (FR). DI-ERICKX, Pierre [FR/FR]; 17, rue de la Prinerie, F-57000 Metz (FR). JACOT, Vincent [FR/FR]; 25 bis Grand' rue, F-57111 Amanvillers (FR). ROBELET, Marc [FR/FR]; 19, rue d'Auvergne, F-57190 Florange (FR).	
(74) Mandataire: NEYRET, Daniel; Usinor, Direction de la Propriété Industrielle, Immeuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 La Défense Cedex (FR).	

(54) Title: STEEL AND METHOD FOR MAKING CLEAVABLE MECHANICAL PARTS

(54) Titre: ACIER ET PROCEDE POUR LA FABRICATION DE PIECES DE MECANIQUE SECABLES

## (57) Abstract

The invention concerns steel for making a cleavable mechanical part characterised in that its chemical composition comprises (expressed in weight proportions): 0.2 % ≤ C ≤ 0.4 %; 0.1 % ≤ Si ≤ 1.5 %; 0.3 % ≤ Mn ≤ 1.4 %; 0 % ≤ Ni + Cr ≤ 0.45 %; 0 % ≤ Mo ≤ 0.06 %; 0 % ≤ Cu ≤ 0.5 %; 0.2 % ≤ V ≤ 0.5 %; P ≤ 0.150 %; 0.005 % ≤ N ≤ 0.02 %; optionally one or several elements selected among lead up to 0.1 %, tellurium up to 0.15 %, bismuth up to 0.15 %, selenium up to 0.02 %, sulphur up to 0.35 % and calcium up to 0.005 %; optionally at least one element selected among titanium up to 0.05 %, niobium up to 0.1 % and aluminium up to 0.07 %, the remainder being iron and impurities and residuals resulting from the preparation; the steel having an essentially ferrite-pearlitic structure, the ferritic fraction being less than 20 %, the tensile strength of the steel being less than 1000 MPa, the yield strength being more than 700 MPa, the ratio Re/Rm being more than 0.73 and the Kcv impact strength being less than 7 Joules/cm<sup>2</sup>. The invention also concerns a method for making a cleavable part and the resulting part.

## (57) Abrégé

Acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, en poids: 0,2 % ≤ C ≤ 0,4 %; 0,1 % ≤ Si ≤ 1,5 %; 0,3 % ≤ Mn ≤ 1,4 %; 0 % ≤ Ni + Cr ≤ 0,45 %; 0 % ≤ Mo ≤ 0,06 %; 0 % ≤ Cu ≤ 0,5 %; 0,2 % ≤ V ≤ 0,5 %; P ≤ 0,150 %; 0,005 % ≤ N ≤ 0,02 %; éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb jusqu'à 0,1 %, le tellure jusqu'à 0,15 %, le bismuth jusqu'à 0,15 %, le sélénium jusqu'à 0,02 %, le soufre jusqu'à 0,35 %, et le calcium jusqu'à 0,005 %; éventuellement au moins un élément pris parmi le titane jusqu'à 0,05 %, le niobium jusqu'à 0,1 %, et l'aluminium jusqu'à 0,07 %, le reste étant du fer et des impuretés et des résiduels résultant de l'élaboration; l'acier ayant une structure essentiellement ferrito-perlitique, la fraction ferritique étant d'au moins 20 %, la résistance à la traction de l'acier étant inférieure à 1100 MPa, la limite d'élasticité étant supérieure à 700 MPa, le rapport Re/Rm étant supérieur à 0,73 et la résilience Kcv étant inférieure à 7 Joules/cm<sup>2</sup>. Procédé pour la fabrication d'une pièce sécable et pièce obtenue.

### UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NO	Norvège	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PL	Pologne		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	PT	Portugal		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SD	Soudan		
DK	Danemark	LR	Libéria	SE	Suède		
EE	Estonie			SG	Singapour		

## ACIER ET PROCEDE POUR LA FABRICATION DE PIECES DE MECANIQUE SECABLES

La présente invention concerne un acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable, et notamment pour la fabrication d'une bielle pour moteur à combustion interne.

Certaines pièces de mécanique telles que, par exemple, les bielles de moteur à combustion interne sont constituées d'au moins deux éléments séparables assemblés par des moyens de fixation tels que des vis. Ces pièces peuvent être en fonte, en poudre métallique frittée et forgée, ou en acier forgé.

L'invention concerne les pièces, et notamment les bielles, en acier forgé.

L'acier qui constitue les bielles en acier forgé doit être forgeable, usinable facilement, présenter des caractéristiques mécaniques permettant d'assurer une bonne tenue en service des bielles. Les caractéristiques mécaniques généralement requises sont une dureté comprise entre 210 HB et 360 HB et une résistance à la rupture comprise entre 650 MPa et 1200 MPa pour obtenir une tenue à la fatigue suffisante, et une limite d'élasticité comprise entre 300 MPa et 800 MPa afin d'éviter les déformations par dépassement de la limite d'élasticité. Pour certaines bielles, la limite d'élasticité  $R_e$  doit être supérieure à 700 MPa, et la résistance à la traction doit être inférieure à 1100 MPa.

Les bielles qui comportent deux parties séparées, un corps et un chapeau, peuvent être fabriquées par forgeage d'une ébauche. L'ébauche est ensuite usinée puis séparée en deux parties par rupture fragile selon un plan prédéterminé. Cette technique, dite des pièces sécables, présente plusieurs avantages et, notamment, celui de simplifier considérablement la gamme de fabrication en supprimant des opérations d'usinage. En revanche, elle exige l'utilisation d'un acier « sécable », c'est à dire permettant d'effectuer l'opération de rupture fragile dans de bonnes conditions.

Pour fabriquer des bielles sécables, on a proposé dans la demande de brevet japonais JP 8-291373, d'utiliser un acier contenant de 0,4 % à 0,6 % de carbone, de 0,5 % à 5 % de silicium, de 0,1 % à 0,8 % de manganèse, de 0,1 % à 0,5 % de chrome, de 0,1 % à 0,5 % de vanadium, de 0,01 % à 0,2 %, et de

préférence plus de 0,05 %, de phosphore, le reste étant du fer, des impuretés et éventuellement de petites additions destinées à améliorer l'usinabilité. Cet acier présente cependant l'inconvénient d'avoir une structure presque totalement perlitique ce qui limite la fraction en ferrite et donc l'effet de durcissement par précipitation de carbonitrides, ainsi que la fragilisation de celle-ci. De plus, pour ces aciers, les caractéristiques de traction ( $R_e$  et  $R_m$ ) sont très sensibles aux conditions de refroidissement, ce qui diminue la fiabilité de la fabrication en série de pièces.

On a également proposé dans la demande de brevet français FR 2 742 448 d'utiliser un acier contenant de 0,25 % à 0,5 % de carbone, de 0,2 % à 1,5 % de silicium, de 0,1 % à 2 % de manganèse, moins de 0,15 % de chrome, moins de 0,15 % de nickel, moins de 0,05 % de molybdène, moins de 0,35 % de cuivre, de 0 % à 0,2 % de vanadium, de 0,04 % à 0,2 % de phosphore, de 0,005 % à 0,02 % d'azote, le reste étant du fer, des impuretés et éventuellement de petites additions destinées à améliorer l'usinabilité. Cet acier permet d'obtenir une structure ferrito- perlitique facilement sécable. En revanche, il ne permet pas d'obtenir à la fois une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa et une résistance à la traction inférieure à 1100 MPa. De plus, la sécabilité ne peut être obtenue qu'avec une addition importante de phosphore, ce qui présente l'inconvénient d'accroître les risques de ségrégation rendant l'usinage difficile.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un moyen pour fabriquer des pièces forgées sécables dont la limite d'élasticité soit supérieure à 700 MPa et la résistance à la traction inférieure à 1100 MPa, ayant une bonne usinabilité, et pour lesquelles on peut réaliser une opération de rupture fragile dans des conditions industrielles satisfaisantes.

A cet effet, l'invention a pour objet un acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable dont la composition chimique comprend, en poids:

$$0,2 \% \leq C \leq 0,4 \%$$

$$0,1 \% \leq Si \leq 1,5 \%$$

$$0,3 \% \leq Mn \leq 1,4 \%$$

$$0,2 \% \leq V \leq 0,5 \%$$

$$P \leq 0,150\%$$

$$0,005\% \leq N \leq 0,02\%$$

5 - éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb jusqu'à 0,1 %, le tellure jusqu'à 0,15 %, le bismuth jusqu'à 0,15 %, le sélénium jusqu'à 0,02 %, le soufre jusqu'à 0,35 %, et le calcium jusqu'à 0,005 %,

- éventuellement au moins un élément pris parmi le titane jusqu'à 0,05 %, le niobium jusqu'à 0,1 %, et l'aluminium jusqu'à 0,07 %,

le reste étant du fer et des impuretés et des résiduels résultant de l'élaboration ;  
10 l'acier ayant une structure essentiellement ferrito-perlitique dont la fraction ferritique est d'au moins 20 %, la résistance à la traction étant inférieure à 1100 MPa, la limite d'élasticité étant supérieure à 700 MPa, le rapport  $Re/Rm$  étant supérieur à 0,73 et la résilience Kcv étant inférieure à 7 Joules/cm<sup>2</sup>.

De préférence, la teneur en phosphore est inférieure à 0,03 %. De  
15 préférence également, les résiduels que sont le nickel, le chrome et le molybdène sont tels que :

$$Ni + Cr \leq 0,45 \%$$

$$Mo \leq 0,06 \%$$

L'invention concerne également une pièce en cet acier dont la structure  
20 est essentiellement ferrito-perlitique, la fraction ferritique étant d'au moins 20 %, dont la résistance à la traction est inférieure à 1100 MPa, la limite d'élasticité est supérieure à 700 MPa, le rapport  $Re/Rm$  est supérieur à 0,73 et la résilience Kcv est inférieure à 7 Joules/cm<sup>2</sup>. Cette pièce qui peut être une bielle, est sécable.

25 L'invention concerne, enfin, un procédé pour la fabrication d'une pièce en acier comportant au moins deux parties séparées selon lequel :

- on chauffe un lopin en acier ayant la composition de l'acier selon l'invention à une température comprise entre  $Ac_3 + 150$  °C et 1370 °C,
- on forge le lopin afin d'obtenir une ébauche de pièce,
- 30 - après forgeage, on refroidit l'ébauche de pièce jusqu'à la température ambiante à une vitesse comprise entre 0,4 °C/s et 1,5 °C/s au moment du passage à 700 °C de façon à obtenir une structure essentiellement ferrito-

perlitique dont la fraction ferritique est d'au moins 20 %, une résistance à la traction inférieure à 1100 MPa, une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa, un rapport  $R_e/R_m$  supérieur à 0,73 et une résilience  $K_{cv}$  inférieure à 7 Joules/cm<sup>2</sup>,

- on effectue un ou plusieurs usinages de l'ébauche de pièce,

- 5 - et on sépare la pièce obtenue en au moins deux parties par rupture fragile.

L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise mais non limitative.

L'acier selon l'invention est un acier de construction mécanique au carbone ou faiblement allié dont la composition chimique comprend, en poids:

- 10 - plus de 0,2% de carbone, et de préférence plus de 0,21 %, pour obtenir une résistance mécanique suffisante, mais moins de 0,4% de façon à éviter d'avoir une trop grande sensibilité des caractéristiques mécaniques aux conditions de refroidissement, et pour éviter également d'avoir une dureté trop grande rendant l'usinage difficile ;
- 15 - de 0,1% à 1,5% de silicium; le silicium est un élément désoxydant qui doit être ajouté en des teneurs supérieures à 0,1% pour assurer une bonne désoxydation ; en des teneurs inférieures à 1,5 %, et de préférence comprises entre 0,6 % et 1,2%, cet élément durcit et fragilise la ferrite ce qui est favorable à une bonne usinabilité et à une bonne aptitude à la rupture fragile ;
- 20 - de 0,3% à 1,4% de manganèse afin de fixer le soufre sous forme de sulfures de manganèse et pour ajuster la trempabilité afin d'obtenir une structure essentiellement ferrito-perlitique contenant au moins 30 % de ferrite, ce qui est favorable à l'usinabilité ; de préférence, la structure contient au moins 90 % de ferrite-perlite ;
- 25 - de 0,2 % à 0,4 % de vanadium, et de préférence plus de 0,21 %, pour durcir la ferrite, obtenir une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa et un rapport limite d'élasticité sur résistance à la rupture supérieur à 0,75, ce qui est favorable à une bonne aptitude à la rupture fragile ;
- 30 - jusqu'à 0,2% de phosphore, mais de préférence moins de 0,03 %; une forte teneur en phosphore est favorable à une bonne aptitude à la rupture fragile, cependant, il est préférable de limiter sa teneur à 0,03 % pour limiter les ségrégations défavorables à l'aptitude à l'usinage ;



- de 0,005 % à 0,02 % d'azote pour former des nitrures de vanadium durcissant la ferrite.

- éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb jusqu'à 0,1 %, le tellure jusqu'à 0,15 %, le bismuth jusqu'à 0,15 %, le sélénium jusqu'à 0,02 %, le soufre jusqu'à 0,35 %, et le calcium jusqu'à 0,005 %, afin d'améliorer l'usinabilité ;

- éventuellement au moins un élément pris parmi le titane jusqu'à 0,05 %, le niobium jusqu'à 0,1 %, et l'aluminium jusqu'à 0,07 %, pour limiter le grossissement du grain lors du forgeage.

10 Le reste de la composition est constitué de fer, d'impuretés et de résiduels résultant de l'élaboration. Les résiduels apportés par les matières premières sont notamment le nickel, le chrome et le molybdène. Afin d'obtenir une structure essentiellement ferrito-perlitique contenant au moins 20 %, et de préférence plus de 30 %, de ferrite, les teneurs en résiduels doivent, de préférence, être contrôlées pour que la somme des teneurs Ni + Cr reste  
15 inférieure à 0,45 %, et pour que la teneur en molybdène reste inférieure à 0,05 %.

De plus, afin de bien contrôler la structure, il est préférable que les teneurs en manganèse et en vanadium soient telles que  $Mn + 10 \times V \leq 5,2 \%$

20 Pour fabriquer une pièce sécable, on chauffe un lopin d'acier ayant la composition selon l'invention à une température comprise entre  $Ac_3 + 150^\circ C$  et  $1370^\circ C$  de façon à austénitiser et mettre en solution le vanadium, puis on le forge à chaud pour obtenir une ébauche de pièce, le forgeage se terminant à une température supérieure à  $800^\circ C$ . Directement après forgeage, l'ébauche  
25 de pièce est refroidie de façon contrôlée jusqu'à la température ambiante, par exemple à l'air, à une vitesse de refroidissement comprise entre  $0,5^\circ C/s$  et  $1,5^\circ C/s$  au passage à  $700^\circ C$ . En procédant ainsi, on obtient une structure essentiellement ferrito-perlitique (c'est à dire, au moins à 90 % ferrito-perlitique) comportant au moins 20 %, et de préférence plus de 30 %, de ferrite, dont la  
30 limite d'élasticité  $Re$  est supérieure à 700 MPa et la résistance à la traction  $Rm$  est inférieure à 1100 Mpa et de préférence supérieure à 850 MPa. De plus, la résilience  $Kcv$  inférieure à 7 Joules/cm<sup>2</sup> à la température ambiante et le rapport

Re/Rm est supérieur à 0,73, et de préférence supérieure à 0,75. Ces deux dernières conditions permettent d'obtenir des cassures franches dont les lèvres ne sont pas déformées, ce qui définit la bonne sécabilité. L'ébauche de pièce ainsi obtenue, est alors usinée, puis divisée en deux éléments par rupture fragile.

A titre de premier exemple, on a fabriqué des bielles en utilisant un acier conforme à l'invention dont la composition chimique comprenait, en poids:

C = 0,319 %

Si = 0,61 %

Mn = 1,02 %

V = 0,3 %

Ni = 0,214 %

Cr = 0,21 %

Mo = 0,05 %

Cu = 0,21 %

S = 0,059 %

P = 0,017 %

Al = 0,02 %

N = 0,0085 %

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Avant forgeage, les lopins d'acier a été chauffé à 1270°C; la température de fin de forgeage a été de 1005°C. Après forgeage, l'ébauche a été refroidie à l'air à des vitesses de refroidissement moyenne à 700 °C de 0,9°C/s. Les caractéristiques obtenues ont été:

structure: ferrito-perlitique à 98 % avec 60% de ferrite,

Rm = 1050 MPa,

Re = 840 MPa,

A% = 14,5 %

Kcv = 4 Joules/cm<sup>2</sup> à la température ambiante.

Les ébauches ont alors été usinées puis toutes séparées en deux éléments par rupture fragile. Cette séparation par rupture fragile s'est faite sans difficultés.

A titre de deuxième exemple, on a fabriqué des bielles en utilisant un acier selon l'invention dont la composition chimique comprenait, en poids:

C = 0,208 %

Si = 0,605 %

Mn = 1,02 %

V = 0,3 %

Ni = 0,212 %

Cr = 0,211 %

Mo = 0,05 %

Cu = 0,205 %

S = 0,059 %

P = 0,016 %

Al = 0,022 %

N = 0,0077 %

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Avant forgeage, le lopin d'acier a été chauffé à 1270°C; la température de fin de forgeage a été de 1025°C. Après forgeage, l'ébauche a été refroidie à l'air à des vitesses de refroidissement moyenne à 700 °C de 0,9°C/s. Les caractéristiques obtenues ont été:

structure: ferrito-perlitique à 98 % avec 60% de ferrite,

Rm = 950 MPa,

Re = 740 MPa,

A% = 17 %

Kcv = 5 Joules/cm<sup>2</sup> à la température ambiante.

Les ébauches ont alors été usinées puis toutes séparées en deux éléments par rupture fragile. Cette séparation par rupture fragile s'est faite sans difficultés.

## REVENDEICATIONS

1 - Acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, en poids:

$$\begin{aligned} 5 \quad & 0,2 \% \leq C \leq 0,4 \% \\ & 0,1 \% \leq Si \leq 1,5 \% \\ & 0,3 \% \leq Mn \leq 1,4 \% \\ & 0,2 \% \leq V \leq 0,5 \% \\ & P \leq 0,150\% \\ 10 \quad & 0,005\% \leq N \leq 0,02\% \end{aligned}$$

- éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb jusqu'à 0,1 %, le tellure jusqu'à 0,15 %, le bismuth jusqu'à 0,15 %, le sélénium jusqu'à 0,02 %, le soufre jusqu'à 0,35 %, et le calcium jusqu'à 0,005 %,

- éventuellement au moins un élément pris parmi le titane jusqu'à 0,05  
15 %, le niobium jusqu'à 0,1 %, et l'aluminium jusqu'à 0,07 %, le reste étant du fer et des impuretés et des résiduels résultant de l'élaboration, l'acier ayant une structure essentiellement ferrito-perlitique, la fraction ferritique étant d'au moins 20 %, la résistance à la traction de l'acier étant inférieure à 1100 MPa, la limite d'élasticité étant supérieure à 700 MPa, le rapport  $Re/Rm$   
20 étant supérieur à 0,73 et la résilience  $Kcv$  étant inférieure à 7 Joules/cm<sup>2</sup>.

2 - Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:

$$P \leq 0,03\%$$

3 - Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que les résiduels que  
25 sont le nickel, le chrome et le molybdène ont des teneurs telles que :

$$Ni + Cr \leq 0,45 \%$$

$$Mo \leq 0,06 \%$$

4 - Acier selon les revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la fraction ferritique est d'au moins 30 %.

30 5 - Acier selon les revendications 1, 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que le rapport  $Re/Rm$  est supérieur à 0,75.

6 - Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que la résistance à la traction  $R_m$  est supérieure ou égale à 850 MPa.

7 - Pièce en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

8 - Pièce selon la revendication 7 caractérisée en ce qu'elle est une bielle.

9 - Procédé pour la fabrication d'une pièce en acier comportant au moins deux parties séparées caractérisé en ce que :

- on chauffe à une température comprise entre  $A_{c3} + 150\text{ °C}$  et  $1370\text{ °C}$  un lopin en acier dont la composition chimique comprend, en poids:

$$\begin{aligned} 0,2\% &\leq C \leq 0,4\% \\ 0,1\% &\leq Si \leq 1,5\% \\ 0,3\% &\leq Mn \leq 1,4\% \\ 0,2\% &\leq V \leq 0,5\% \\ P &\leq 0,150\% \\ 0,005\% &\leq N \leq 0,02\% \end{aligned}$$

et éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le plomb jusqu'à 0,1 %, le tellure jusqu'à 0,15 %, le bismuth jusqu'à 0,15 %, le sélénium jusqu'à 0,02 %, le soufre jusqu'à 0,35 %, et le calcium jusqu'à 0,005 %, éventuellement au moins un élément pris parmi le titane jusqu'à 0,05 %, le niobium jusqu'à 0,1 %, et l'aluminium jusqu'à 0,07 %, le reste étant du fer et des impuretés et des résiduels résultant de l'élaboration,

- on forge le lopin afin d'obtenir une ébauche de pièce,

- après forgeage, on refroidit l'ébauche de pièce jusqu'à la température ambiante à une vitesse comprise entre  $0,4\text{ °C/s}$  et  $1,5\text{ °C/s}$  au moment du passage à  $700\text{ °C}$ , de façon à obtenir une structure essentiellement ferrito-perlitique dont la fraction ferritique est d'au moins 20 %, une résistance à la traction inférieure à 1100 MPa, une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa, un rapport  $R_e/R_m$  supérieur à 0,73 et une résilience  $K_{cv}$  inférieure à  $7\text{ Joules/cm}^2$ ,

- on effectue un ou plusieurs usinages de l'ébauche de pièce,

- et on sépare la pièce obtenue en au moins deux parties par rupture fragile.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No  
PCT/FR 99/00089

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 C22C38/12 C22C38/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 674 014 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 27 September 1995 see the whole document	1
X	& WO 95 10637 A (NIPPON STEEL CORPORATION) ---	1
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 95, no. 007, 31 August 1995 & JP 07 102340 A (NIPPON STEEL CORP.), 18 April 1995 see abstract ---	1
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 457 (C-644), 16 October 1989 & JP 01 176055 A (KAWASAKI STEEL CORP.), 12 July 1989 see abstract ---	1,2
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 April 1999

Date of mailing of the international search report

22/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lippens, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/FR 99/00089

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 400 (C-977), 25 August 1992 & JP 04 131323 A (KOBE STEEL LTD.), 6 May 1992 see abstract ---	1,9
A	US 5 100 613 A (BODNAR ET AL.) 31 March 1992 see claims 1-18 ---	1,2,9
A	US 3 173 782 A (MELLOY ET AL.) 16 March 1965 see claims 1-6 ---	1
A	US 5 135 587 A (OLANIRAN ET AL.) 4 August 1992 see the whole document -----	1,7,8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In Application No  
PCT/FR 99/00089

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 674014	A	27-09-1995	JP 7109545 A CN 1115582 A,B WO 9510637 A	25-04-1995 24-01-1996 20-04-1995
US 5100613	A	31-03-1992	CA 2044455 A MX 174076 B	17-04-1992 19-04-1994
US 3173782	A	16-03-1965	NONE	
US 5135587	A	04-08-1992	CA 2062524 A MX 9201470 A	02-10-1992 01-10-1992



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De ... Nationale No

PCT/FR 99/00089

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 6 C22C38/12 C22C38/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 C22C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 674 014 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 27 septembre 1995 voir le document en entier	1
X	& WO 95 10637 A (NIPPON STEEL CORPORATION) ----	1
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 95, no. 007, 31 août 1995 & JP 07 102340 A (NIPPON STEEL CORP.), 18 avril 1995 voir abrégé ----	1
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 457 (C-644), 16 octobre 1989 & JP 01 176055 A (KAWASAKI STEEL CORP.), 12 juillet 1989 voir abrégé ----- -/-	1,2

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 avril 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

22/04/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lippens, M

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De. Internationale No  
PCT/FR 99/00089

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités. avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 400 (C-977), 25 août 1992 & JP 04 131323 A (KOBE STEEL LTD.), 6 mai 1992 voir abrégé	1,9
A	US 5 100 613 A (BODNAR ET AL.) 31 mars 1992 voir revendications 1-18	1,2,9
A	US 3 173 782 A (MELLOY ET AL.) 16 mars 1965 voir revendications 1-6	1
A	US 5 135 587 A (OLANIRAN ET AL.) 4 août 1992 voir le document en entier	1,7,8

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De [REDACTED] internationale No

PCT/FR 99/00089

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 674014 A	27-09-1995	JP 7109545 A CN 1115582 A,B WO 9510637 A	25-04-1995 24-01-1996 20-04-1995
US 5100613 A	31-03-1992	CA 2044455 A MX 174076 B	17-04-1992 19-04-1994
US 3173782 A	16-03-1965	AUCUN	
US 5135587 A	04-08-1992	CA 2062524 A MX 9201470 A	02-10-1992 01-10-1992

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**